

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 822 271 A3

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(88) Veröffentlichungstag A3:
30.09.1998 Patentblatt 1998/40

(51) Int. Cl.⁶: C25B 1/28, C02F 1/78,
C02F 1/461

(43) Veröffentlichungstag A2:
04.02.1998 Patentblatt 1998/06

(21) Anmeldenummer: 97113169.3

(22) Anmeldetag: 31.07.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE

(30) Priorität: 01.08.1996 DE 29613308 U

(71) Anmelder:
Fischer Labor- und Verfahrenstechnik GmbH
53340 Meckenheim (DE)

(72) Erfinder:
Fischer, W. Günther, Dipl.-Ing.
53340 Meckenheim (DE)

(74) Vertreter:
Koch, Theodor, Dipl.-Phys.
Postfach 19 01 26
53037 Bonn (DE)

(54) **Elektrolysezelle, insbesondere zur Erzeugung von Ozon für die Abwasserbehandlung sowie dessen Verwendung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle, welche insbesondere als Tauchzelle zur Aufarbeitung von oxidierbaren Substanzen in Brauch- und Abwasser dient. Zur Einstellung des Flächendruckes der Anode- und Kathode (5,9) auf eine den Kathoden- vom Anodenraum (5',9') trennende Feststoffelektrolytmembran (8) ist eine von außerhalb des Zellgehäuses (1,14) betätigbare Anpreßvorrichtung (10,13) für die Elektroden (5,9) vorgesehen, wobei eine Elektrode (9) auf einer Elektrodenandruckplatte (10) gelagert ist, welche flächig mit der entsprechend der Gegenelektrode (5) planar ausgerichteten Feststoffelektrolytmembran (8) in Kontakt bringbar und auf diese andrückbar ist. Ein durch die Zellgehäusewandung (24) geführter, deren kathodisches elektrisches Potential aufweisender, verstellbarer Andruckbolzen (13) ist dabei mit seinem Endabschnitt (28) auf ein Zentrier- und Andrucklager (30) der Elektrodenandruckplatte (10) geführt und gegenüber dieser elektrisch isoliert. Die elektrische Kontaktierung der Anode (9) erfolgt über eine nach außen und gegenüber dem Zellgehäuse (1,14) elektrisch isolierte, die verstellbare Elektrodenandruckplatte (10) kontaktierende Stromzuführung (18). Der Kathodenraum wird dabei durch eine Speisewasserversorgung derart separat beaufschlagt, daß eine Elektrolyse sich nur an den Elektroden ausbildet.

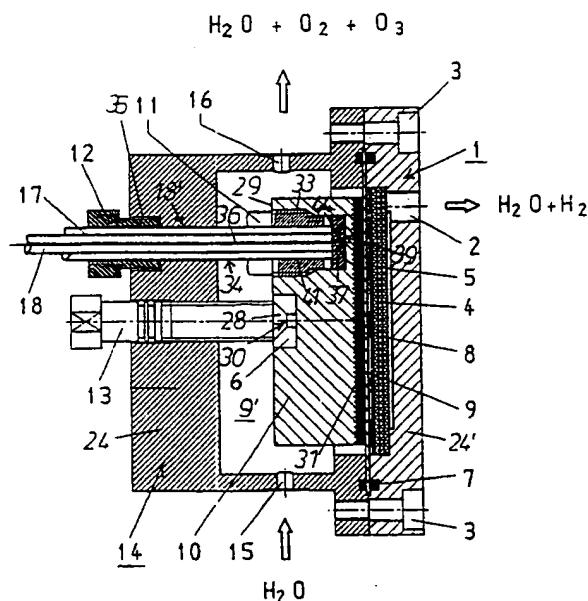


FIG. 1

EP 0 822 271 A3



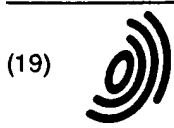
Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 11 3169

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D.A	DE 42 27 732 A (FISCHER LABOR UND VERFAHRENSTE) 24. Februar 1994 * das ganze Dokument *		C25B1/28 C02F1/78 C02F1/461
A	DE 295 04 323 U (SCHULZE DIRK ;BEYER WOLFGANG (DE)) 25. Juli 1996 * das ganze Dokument *		
A	US 4 326 930 A (NAGEL ET AL) 27. April 1982 * Spalte 3. Zeile 19 - Zeile 40; Abbildung 5 *		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			C25B C02F C01B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 6. August 1998	Prüfer Ruppert, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EP 0 FORM 1503 03.02 (1994/C03)



Europäisches Patentamt

(19)

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 822 271 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.02.1998 Patentblatt 1998/06

(51) Int. Cl.⁶: C25B 1/28, C02F 1/78,
C02F 1/461

(21) Anmeldenummer: 97113169.3

(22) Anmeldetag: 31.07.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE

(30) Priorität: 01.08.1996 DE 29613308 U

(71) Anmelder:
Fischer Labor- und Verfahrenstechnik GmbH
53340 Meckenheim (DE)

(72) Erfinder:
Fischer, W. Günther, Dipl.-Ing.
53340 Meckenheim (DE)

(74) Vertreter:
Koch, Theodor, Dipl.-Phys.
Postfach 19 01 26
53037 Bonn (DE)

(54) Elektrolysezelle, insbesondere zur Erzeugung von Ozon für die Abwasserbehandlung sowie dessen Verwendung

(57) Die Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle, welche insbesondere als Tauchzelle zur Aufarbeitung von oxidierbaren Substanzen in Brauch- und Abwasser dient. Zur Einstellung des Flächendrucks der Anode- und Kathode (5,9) auf eine den Kathoden- vom Anodenraum (5',9') trennende Feststoffelektrolytmembran (8) ist eine von außerhalb des Zellgehäuses (1,14) betätigbare Anpressvorrichtung (10,13) für die Elektroden (5,9) vorgesehen, wobei eine Elektrode (9) auf einer Elektrodenandruckplatte (10) gelagert ist, welche flächig mit der entsprechend der Gegenelektrode (5) planar ausgerichteten Feststoffelektrolytmembran (8) in Kontakt bringbar und auf diese andrückbar ist. Ein durch die Zellgehäusewandung (24) geführter, deren kathodisches elektrisches Potential aufweisender, verstellbarer Andruckbolzen (13) ist dabei mit seinem Endabschnitt (28) auf ein Zentrier- und Andrucklager (30) der Elektrodenandruckplatte (10) geführt und gegenüber dieser elektrisch isoliert. Die elektrische Kontaktierung der Anode (9) erfolgt über eine nach außen und gegenüber dem Zellgehäuse (1,14) elektrisch isolierte, die verstellbare Elektrodenandruckplatte (10) kontaktierende Stromzuführung (18). Der Kathodenraum wird dabei durch eine Speisewasserversorgung derart separat beaufschlagt, daß eine Elektrolyse sich nur an den Elektroden ausbildet.

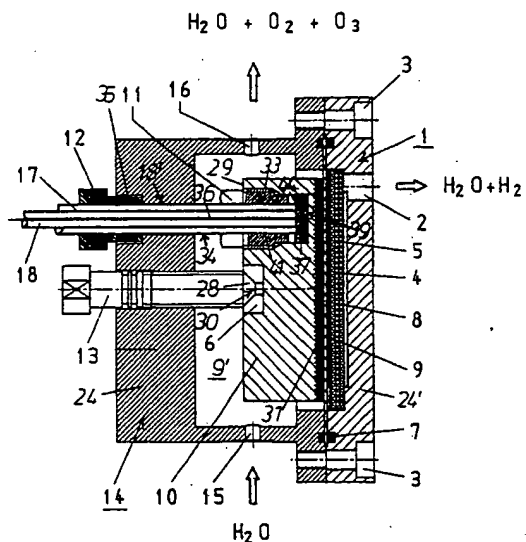


FIG. 1

EP 0 822 271 A2

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Elektrolysezelle nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf deren Verwendung.

Elektrolysezellen, deren Ionenaustauschermembran mit aus einem porösen Material bestehenden oder damit beschichteten Elektroden versehen sind, erlauben einen Zellenbetrieb bei hohen Stromdichten und damit mit hohen Umsätzen. Die Ionenaustauschermembran übernimmt dabei als Feststoffelektrolytmembran gleichzeitig die Funktion des Separators von Anoden- und Kathodenraum und des Elektrolyten. Zellen dieser Bauweise sind seit längerer Zeit bekannt, wobei hydratisierte, perfluorierte Kationenaustauschermembrane verwendet werden, welche eine elektrochemische Stabilität gegenüber der reduzierenden bzw. oxidierenden Wirkung der Elektroden aufweisen (Stucki: "Reaktion- und Prozesstechnik der Membrel-Wasserelektrolyse", Dechema Monographien Verlag Chemie 94 (1983) 211).

Der Betrieb solcher Zellen ist grundsätzlich in Medien mit geringem Leitwert, wie z.B. chemisch reinem Wasser, möglich. Die elektrochemischen Reaktionen an den Elektroden führen beim Betrieb in Reinstwasser zu Wasserstoff und Sauerstoff; bei Verwendung besonderer Anodenmaterialien kann dabei auch an Stelle von reinem Sauerstoff ein Gemisch von Sauerstoff und Ozon entstehen.

Elektrolysezellen dieser Art sind gemäß der DE 42 27 732 C2 bekannt. Sie erfordern ein Anpressen der Porösen, planaren Anode und Kathode auf die Oberflächen der Feststoffelektrolytmembran. Der Anpreßdruck der Elektroden auf die Membran ist dabei ein wichtiger Parameter für einen optimalen Zellenbetrieb. So sind die Zellspannung und die Stromausbeute vom Anpreßdruck abhängig. Der Anpreßdruck muß dabei zur Erreichung einer über der gesamten Elektrodenfläche gegebenen gleichmäßigen Stromverteilung möglichst über diese homogen sein, so daß sich dort ein gleichmäßiger Flächendruck ausbildet. Dies ist insbesondere bei großflächigen Elektroden problematisch.

Gemäß der DE 42 27 732 C2 ist dabei eine insbesondere zur Erzeugung von Ozon geeignete Elektrolysezelle bekannt, bei der zur Optimierung der Zellparameter und zur Erreichung eines optimalen Zellenbetriebs der Anpreßdruck der Elektroden auf die Feststoffelektrolytmembran, bezogen auf deren Fläche, unabhängig vom Dichtdruck der Dichtflächen der Zellgehäuseteile homogen einstellbar ist, während früher die Einstellung des Flächendruckes der Elektroden auf die Feststoffelektrolytmembran durch äußere Anpreßvorrichtungen in Form von die Gehäuseshalen der Elektrolysezellen verbindenden Schrauben oder Zugstangen gleichzeitig nur mit der Einstellung des Dichtdruckes der Dichtflächen der Zellgehäuseteile erfolgen konnte.

Durch die Führung der verwendeten Kathode oder

Anode in der Elektrolysezelle auf einer Elektrodenandruckplatte, welche unter zentrischer Lagerung mittels einer durch die Zellgehäusewandung geführten äußeren Stelleinrichtung in einer Parallelen Ebene zur Außenfläche der Feststoffelektrolytmembran verstellbar ist und zusammen mit Teilen der Stelleinrichtung eine Anpreßvorrichtung bildet, wird dabei erreicht, daß bei einer Veränderung des Anpreßdruckes der beiden Elektroden der Elektrolysezelle gegenüber der Feststoffelektrolytmembran der Flächendruck über die gesamten Kontaktfläche zwischen Feststoffelektrolytmembran und den Elektroden weiterhin homogen bleibt. In der Stelleinrichtung wird dabei ein Andruckbolzen verwendet, welcher genau auf die Mitte der Rückseite der Elektrodenandruckplatte in ein dortiges Zentrier- und Andrucklager einwirkt und eine Übertragung der wirkenden äußeren Anpreßkraft als zwischen den Elektroden und der Feststoffelektrolytmembran wirksam werdenden Flächendruck erlaubt. Da die Elektroden und die Feststoffelektrolytmembran im allgemeinen schon in parallelen Ebenen zueinander ausgerichtet sind, ist dabei ein Eingriff des Andruckbolzens an der Rückseite der Elektrodenandruckplatte im allgemeinen nur in Form eines Zentrier- und Andrucklagers notwendig, wobei in einfachster Weise dies auf der Rückseite der Elektrodenandruckplatte als konus- oder halbkugelförmige Materialausnehmung angelegt sein kann, in welche die entsprechend dieser Öffnung abgemessene Zentrierspitze des in einem kegelförmigen Endabschnitt auslaufenden Andruckbolzens derart eingreift, daß die Elektrodenandruckplatte gegenüber dem Andruckbolzen zentriert und bei einer Längsverschiebung des Andruckbolzens von diesem in einer parallelen Ebene verstellbar ist.

Die Einstellung des Dichtdruckes an den Stirnflächen der Zellgehäuseshalen erfolgt dabei durch einen am äußeren umlaufenden Flansch der Gehäusewandungen der Elektrolysezelle angelegten und in dortige Gewindebohrungen oder äußere Feststellschrauben festlegbaren Kranz von Zugschrauben. Bei einer Lagerung des Randes der Feststoffelektrolytmembran zwischen diesen miteinander zu verschraubenden Stirnflächen wird dabei gleichzeitig neben einer Abdichtung und Verbindung der Zellgehäuseshalen eine umlaufende dichte Einklemmung der Feststoffelektrolytmembran zwischen den Dichtflächen der Zellgehäuseshalen erreicht, so daß eine gastechnische Trennung von Kathoden- und Anodenraum durch die Feststoffelektrolytmembran sicher gewährleistet ist.

Die Einstellung des Dichtdruckes der Zellgehäuseshalen erfolgt dabei unabhängig von der Betätigung der seitlich die Elektroden flächig erfassenden Anpreßeinrichtung.

Über die Elektrodenandruckplatte erfolgt dabei die elektrische Kontaktierung der dort angeordneten Elektrode. Ferner erfolgt die elektrische Kontaktierung durch den nach außen durch die Zellgehäusewandung geführten Andruckbolzen, wobei diese Teile aus elek-

trisch leitfähigem Werkstoff gebildet sind und im Fall eines ein unterschiedliches, kathodisches Potential besitzenden Zellgehäuses gegenüber diesem durch einen das Lager des Andruckbolzens außen umgebenden Isolationskörper elektrisch isoliert sind.

Die Lagerung der Elektrode, welche der an der Elektrodenandruckplatte angelegten Elektrode gegenüberliegt, erfolgt dabei starr auf einem flächigen Lagerabschnitt der Innenwandung des Zellgehäuses oder auf einem Elektrodenandruckstempel mit einem flächigen Lagerabschnitt, welcher parallel zur Ebene der Feststoffelektrolytmembran ausgerichtet ist.

Es ist dabei bekannt, das Zentrier- und Andrucklager zwischen Andruckbolzen und der Mitte der Elektrodenandruckplatte gleichzeitig als Schwenklager auszubilden, welches eine Verkipfung der Elektrodenandruckplatte quer zur Rotations- und Verstellachse des Andruckbolzens erlaubt. Dabei ist an der Rückseite der Elektrodenandruckplatte als Eingriffsöffnung eine zentral angelegte, konusförmige oder halbkugelförmige Materialausnehmung vorgesehen, in welcher das Ende des Andruckbolzens mit einem kegelförmig nach vorne zulaufenden Endabschnitt eingreift, wobei die Neigungswinkel dieser kegelförmig geneigten Mantelfläche des Bolzenabschnittes gemessen gegenüber dessen Mittellängsachse kleiner als der halbe Öffnungswinkel der konus- oder halbkugelförmigen Materialausnehmung ist. Da sich insofern ein Spiel zwischen dem Endabschnitt des Andruckbolzens und der konus- oder halbkugelförmigen Materialausnehmung in der Elektrodenandruckplatte ergibt, kann diese quer zur Rotations- und Verstellachse des Andruckbolzens verkippt werden.

Die Lagerung und Führung des längsverschieblichen Andruckbolzens der Elektrodenandruckplatte erfolgt dabei entweder über ein unmittelbar in der Zellgehäusewandung angelegtes Führungslager mit Innengewinde für den als Andruckschraube ausgebildeten Andruckbolzen oder dabei über eine in der Gehäusewandung aufgenommene Führungsbuchse, in welcher der Andruckbolzen längsverschieblich gelagert ist, wobei ein Gewindeeingriff zwischen Führungsbuchse und einer dort aufschraubbaren Überwurfmutter vorgesehen ist, welche mit dem Endabschnitt des Andruckbolzens verbunden ist und somit durch Drehung ein Einschrauben oder Herausschrauben des Andruckbolzens und damit dessen Längsverstellung erlaubt.

Nachteilig ist die Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 insofern, als diese zur Erzeugung von O_2 und O_3 nur in Medien mit geringem elektrischen Leitwert betrieben werden kann. Dies da die Zelle auf ihrer Außenseite zwei entgegengesetzte elektrische Anschlußpole für die Kathode und Anode aufweist, wobei in einem Medium mit geringen elektrischen Leitwert es insofern zu einer Elektrolyse kommen kann. Freiliegende äußere Anschlußpole ergeben sich dabei insofern, als der durch die Zellgehäusewandung geführte Andruckbolzen der Elektrodenandruckplatte

gleichzeitig als Stromzuführung für die an dieser befestigte Elektrode dient und dabei in seinem äußeren Abschnitt als elektrischer Pol außerhalb des Zellgehäuses freiliegt. Das Zellgehäuse selbst oder zumindest der Anschluß der Elektrodenandruckplatte der das entgegengesetzte Potential führenden Elektrode, welcher ebenfalls nach außerhalb des Zellgehäuses geführt ist, bildet dabei ebenfalls ein außen auf die Zellgehäusewandung freiliegenden Anschlußpol, welcher insofern ein entgegengesetztes elektrisches Potential aufweist, so daß die Elektrolysezelle auf keinen Fall als Eintauchzelle in einer äußeren Flüssigkeit mit höherem Leitwert betrieben werden darf.

Sofern eine äußere Flüssigkeit mit einem elektrischen Leitwert von größer $20 \mu S/cm$ gegeben ist, kommt es dabei durch die zusätzliche äußere Elektrolyse zur Ablagerung von Ca-, Na- und anderen Verbindungen am Zellgehäuse und deren Spannungspole, wobei die Funktionsfähigkeit negativ beeinflusst wird und sich elektrische Verluste und eine geringere Ozon-Ausbeute ergibt.

Derartige Zellen werden dabei nicht als Tauchzellen verwendet und nur zur Ozonisierung von chemisch reinem Wasser betrieben, wie es im Pharma- und Kosmetikbereich verwendet wird. Dieses Wasser mit äußerst geringem elektrischen Leitwert wird dabei insbesondere in dem Anodenraum ständig eingespeist, wobei sich an den Elektroden Wasserstoff und Sauerstoff, bei Wahl einer geeigneten Aktivierung der Anode Ozon entwickelt, wobei diese Gase sich im Wasser getrennt im Anoden- und Kathodenraum lösen. Das Wasser stellt dabei das zu ozonisierende Medium dar, wobei sich insofern die Elektrodeneinheit aus Anode, Feststoffelektrolytmembran und Kathode ständig im zu ozonisierenden Medium befindet.

Ein weiterer Nachteil von Elektrolysezellen gemäß der DE 42 27 732 C2, bei denen die Kathoden- und Anodenanschlußpole sich außerhalb des Zellgehäuses frei befinden und somit die Zelle ohne zusätzliche äußere wasserdichte Schutzabkapselung innerhalb einer zu ozonisierenden Flüssigkeit nicht betrieben werden kann, besteht darin, daß zwischen dem Ort, wo die Elektrolyse zur Herstellung von Ozon zu betreiben ist, und dem Ort der Ozoneinleitung längere Wege gegeben sind, wobei auch bei kürzeren Strecken durch Leckagen Ozon auf dem Weg zur Einleitung austreten kann. Die Ozoneinleitung verringert sich dabei, wobei zusätzlich die Ozonkonzentration in der Luft am Aufstellort der Elektrolysezelle, also im Labor oder der Fabrik, zu überwachen und auf die Einhaltung von Vorschriften für die Arbeitsplatzüberwachung zu achten ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher in der Schaffung einer insbesondere zur Ozonherstellung geeigneten Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2, welche eine Einstellung des Anpreßdruckes der Elektroden auf die Feststoffelektrolytmembran und damit der davon abhängigen Zellparameter weiterhin unabhängig von der Einstellung des Dichtdruckes

der Dichtflächen der Zellgehäuseteile erlaubt, wobei ferner aber die Elektrolysezelle auch als Eintauchzelle ohne zusätzliche Abkapselung unmittelbar in dem zu ozonisierenden Medium betreibbar ist und dabei auch solche Medien ozonisierbar sind, welche kein reines Wasser darstellen, also einen Leitwert größer als 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aufweisen, wie Brauch- und Abwasser und andere gewerblich oder industriell anfallende Flüssigkeiten.

Insofern soll insbesondere die Ozoneinleitung verbessert und die Ozonausbeute der Elektrolysezelle möglichst erhöht werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Elektrolysezelle vorgesehen, welche gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 ausgebildet ist.

Im Gegensatz zur Elektrolysezelle gemäß dem DE 42 27 732 C2 ist somit der anodische Anschlußpol des Zellgehäuses isoliert in das Innere der Zelle geführt, wobei die Stromzuführung gemäß Anspruch 4 und 9 vorzugsweise über ein gegen oxidierende Flüssigkeiten geschütztes Stromkabel erfolgt, welches durch die Zellgehäusewandung auf der Anodenseite geführt ist und gemäß Anspruch 2 innerhalb der Zelle einen geschützten Anschluß der Anode an der Elektrodenandruckplatte kontaktiert. Die Stromzuführung erfolgt somit unter Isolation gegen die Zellgehäusewandung und den Außenbereich der Zelle, wobei im Gegensatz zur DE 42 27 732 C2 der elektrische Anschluß der Anode nicht über einen als elektrischen Leiter ausgebildeten oder verwendeten Andruckbolzen für die Elektrodenandruckplatte erfolgt. Da die Elektrodenandruckplatte als solche ein anodisches Potential besitzt, da sie Träger der Anode ist, dagegen der Andruckbolzen ein kathodisches Potential besitzt, sofern er gemäß Anspruch 3 wie das Zellgehäuse aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff, z.B. Edelstahl, besteht und dabei mit der Kathode elektrisch verbunden ist, ist dabei bei einem derartigen Zellaufbau der Andruckbolzen gegenüber dem Zentrier- und Andrucklager auf der Rückseite der Elektrodenandruckplatte elektrisch isoliert gelagert.

Die Ausbildung einer zusätzlichen Elektrolyse innerhalb des Anodenraumes zwischen dem Andruckbolzen und der Elektrodenandruckplatte, die unterschiedliches Potential besitzen, wird dabei dadurch vermieden, daß zumindest das Innere des Anodenraumes der Zelle mit vollentsalztem Wasser aufgefüllt und somit eine elektrische Isolierung zwischen den beiden entgegengesetzten elektrischen Spannungspolen innerhalb der Zelle gegeben ist. Da auf der Außenseite der Elektrolysezelle sich keine elektrischen Spannungspole mit unterschiedlicher Polarität gegenüberstehen, und dabei an dem Zu- und Abfluß für Zellwasser im Anoden- bzw. Kathodenraum Rohrleitungen angebracht sind, welche eine Versorgung und Entsorgung der Zelle mit Zellwasser und überschüssigem Zellwasser und sich bildenden Gasen erlauben, ist dabei eine Einbringung der Elektrolysezelle in industrielle und gewerbliche Abwasser, insbesondere Brauch- und

Abwasser mit einem Leitwert von mehr als 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ möglich.

Wie bei der Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 muß dabei ein minimaler Wasserdurchfluß durch die Elektrolysezelle von z.B. 10 - 20 l/h gewährleistet sein, wobei dies auf speziellen Wege mit vollentsalztem Wasser beispielsweise über eine Osmoseeinheit oder ein Ionenaustauschersystem erfolgt, welches unmittelbar an einer einfachen Trinkwasserleitung anschließbar ist und die Elektrolysezelle somit kontinuierlich mit geringen Mengen entsalztem bzw. entmineralisiertem Wasser versorgt. Dabei reicht eine Menge von 0,1 l/h bei einer Ozonausbeute von 5 g/h aus.

Ein wesentlicher Unterschied zu den bisherigen Elektrolysezellen, insbesondere gemäß der DE 42 27 732 C2 besteht somit darin, daß die Elektrodeneinheit (Anode, Membran, Kathode) nicht im zu ozonisierenden Medium sich befindet, sondern nur mit vollentsalztem Wasser (Zellwasser) zur Produktion des Ozons versorgt wird. Das entstandene Ozon wird erst anschließend an das zu behandelnde Medium, z.B. Brauchwasser, zusammen mit dem überschüssigen Zellwasser abgegeben, wobei bei einem Betrieb der Elektrolysezelle als Tauchzelle in dem zu ozonisierenden Medium der kürzeste mögliche Weg von der Ozonezeugung zur Anwendung ermöglicht wird. Dabei können bestehende Tanks oder Becken, welche z.B. zur Wasserbehandlung dienen, ohne weiteren Umbau verwendet werden, ohne daß zusätzliche Pumpen oder Rohrleitungen benutzt werden müssen. Durch die Verwendung der Elektrolysezelle als Tauchzelle zur Ozonisierung ergibt sich dabei ein sehr hoher Eintragungswirkungsgrad des Ozons im zu behandelnden Abwasser.

Eine externe Kühlung, wie bei konventionellen Ozongeneratoren, ist dabei nicht notwendig.

Es lassen sich dabei Abwässer aus vielen Industrie- und Gewerbebereichen wie z.B. Petrochemie, Maschinenbau, Nahrungsmittel, Pharma, Kosmetik, Textil u.s.w., welche neben absetzbaren, filtrierbaren Substanzen und statisch freiabscheidbaren Ölen und Fetten einen großen Anteil an stabilen Emulsionen aufweisen ohne Zugabe zusätzlicher Chemikalien zur Aufarbeitung der Emulsionen reinigen. Die Emulsionen werden dabei durch das eingeleitete Ozon oxidiert, wobei die entstehenden Stoffe in üblicherweise abscheidbar sind. Es ist somit nicht mehr die Zuführung von Säuren, Metallsalzen und mineralischen Adsorptionsmitteln zur Aufarbeitung der Emulsionen notwendig, wobei sich insofern das Abfallvolumen verringert und keine Problemverlagerung vom Abwasser zum Sondermüll einstellt.

Da das Ozon alle oxidierbaren Substanzen oxidiert, führt dies zur einfachen Fällung und Flockung von Wasserinhaltsstoffen, die dann wiederum in der Abscheidungskette der Wasseraufbereitung zurückgehalten werden. Es ist dabei insbesondere der Abbau von Kohlenwasserstoffen wie Benzin, Öl, Lösungsmittel möglich, wobei

sich bei der Abwasserbehandlung der chemische Sauerstoffbedarf verringert.

Die Ansprüche 5 - 13 betreffen dabei vorteilhafte Ausbildungen der Stromzuleitung in das Innere der Zelle sowie der Stromdurchführung durch die Zellgehäusewandung des Anodenraums sowie der Kontaktierung des elektrischen Leiters des verwendeten Stromkabels gegenüber der Elektrodenandruckplatte. Es ist insofern insbesondere eine wasserdichte Stromdurchführung durch die Zellgehäusewandung sowie eine optimale Kontaktierung und Abdichtung des Endes des verwendeten Stromkabels in einer Sackbohrung der Elektrodenandruckplatte gegeben.

Die Ansprüche 14 und 15 betreffen dabei die Ausbildung des Wasserzu- und -abflusses zum Anodenraum, wobei insbesondere die Anbringung einer Zuleitung für Zellwasser mit einer Rohrverschraubung am Wasserzufluss und die Anbringung eines Anschlusses mit einer entsprechenden Rohrverschraubung am Wasserabfluß für eine das überschüssige, mit Ozon angereicherte Zellwasser im zu reinigenden Abwasser verteilende Kreiselpumpe erfolgt.

Gemäß Anspruch 32 ist der Aufbau der Elektrolysezelle zur Durchführung der Wasserelektrolyse derart vorgesehen, daß Wasser als Reagenz- und Kühlmittel lediglich an der Anodenseite zugeführt wird. Insofern ist ein Wasserdurchfluß im Zellgehäuse lediglich über den Anodenraum vorgesehen, wobei zum Abführen von Reaktionsprodukten aus dem Kathodenraum, in welchem durch die Feststoffelektrolytmembran wandern des Permeatwasser und Wasserstoffionen auftreten, lediglich eine einzige Ausgangsöffnung angelegt ist. Über geeignet geführte Leitungen wird dabei gewährleistet, daß sich der bildende molekulare Wasserstoff nicht mit dem ozonisierten Zellwasser mischen kann.

Anspruch 17 und 18 betreffen dabei Maßnahmen zur Wasserverteilung und zum Abfangen von sich an den Elektrodenkontakflächen bildenden Gasen, wobei gemäß Anspruch 18 die Anordnung von flächigen Streckmetallnetzen oder -blechen seitlich zur Lagerung und Kontaktierung der Kathode vorgesehen ist.

Insbesondere bei Ausbildung der Kathode gemäß Anspruch 21 aus einem elastischen Elektrodenmaterial, welches aus einem Kohlenstoff-Fasermaterial gemäß den Ansprüchen 22 - 26 gebildet wird, ergibt sich dabei in Verbindung mit der Verwendung mehrerer Streckmetallbleche als zweite Komponente zu dem elastischen Kathodenmaterial eine Elektrodenereinheit, welche gegen herkömmlichen Elektrodenereinheiten eine erheblich höhere Ozonausbeute aufweist. Es wird dabei zur Herstellung etwa der gleichen Ozonmenge lediglich etwa ein Viertel der bisher notwendigen Größe bzw. Anzahl der Elektrodenpaare bzw. Elektrodenereinheiten benötigt.

Die Elektroden können dabei wie in der Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 mehrschichtig ausgebildet sein, wobei die Anoden-Elektrode bei Verwendung in einer Wasserelektrolysezelle zur Ozon-

herstellung eine Oxidationskatalysatorbeschichtung oder eine PbO₂-Beschichtung auf einer gesinterten Titanschicht aufweist, welche einen dünnen Platinüberzug aufweist (Anspruch 27 - 29).

Vorteilhafte Ausbildungen der Feststoffelektrolytmembran ergeben sich dabei aus den Ansprüchen 30 und 31. Insofern wird insbesondere eine optimale Ozonherstellung sichergestellt, wobei in dem Wasserelektrolyse-Prozeß zur Ozonherstellung der Strom in der Feststoffelektrolytmembran durch hydratisierte Protonen transportiert wird ($H^+ (H_2O)_x$).

Das Wasser dient dabei sowohl als Reagenz als auch als Kühlmittel auf der Anodenseite. Die Elektrodenreaktionen finden dabei an den Grenzflächen Elektrode/Feststoffelektrolytmembran statt. Die Elektroden können dabei mit einer unbeschichteten perfluorierten Kationenaustauschermembran kontaktiert werden, welche als solche keinen Elektrokatalysator trägt. Bei der Ozonherstellung durch Wasserelektrolyse tritt bei Verwendung einer Kationenaustauschermembran Ozon als Nebenprodukt zur anodischen Sauerstoffentwicklung an Anoden mit hoher Überspannung auf.

Es ist dabei möglich, direkt eine wässrige Ozonlösung herzustellen. Zur Ozonbildung müssen dabei die Anoden durch die Oxidationskatalysatorbeschichtung die dazu notwendige Polarisierung aufweisen.

Eine erfindungsgemäße Elektrolysezelle zur Ozon- und Sauerstoffherstellung, welche als Eintauchzelle direkt im industriellen oder gewerblichen Schmutzwasser zum Ausfällen von oxidierbaren Substanzen verwendbar ist, wird im folgenden anhand der Zeichnungen einer bevorzugten Ausführungsform näher beschrieben.

In den Zeichnungen zeigen:

Figur 1: Einen Querschnitt durch die zur Ozon- und Sauerstoffherstellung verwendete Elektrolysezelle, wobei der Anodenraum über eine Speisewasserversorgung mit entmineralisiertem Wasser versorgt wird, welches insofern einen geringen Leitwert aufweist und somit elektrisch nicht leitend ist;

Figur 2: Einen Querschnitt durch die Elektrolysezelle gemäß Figur 1, wobei die beiden Zellgehäuseschalen der Elektrolysezelle sowie die verwendeten Elektroden, Streckmetallbleche sowie die Feststoffelektrolytmembran in gesprengter Darstellung nebeneinander angeordnet sind.

Im Gegensatz zu einer Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2, welche zur Erzeugung von Ozon und Sauerstoff nur in chemisch reinem Wasser zu verwenden ist, welches z.B. im Pharma- und Kosmetikbereich benötigt wird, kann die erfindungsgemäße Elektrolysezelle wie die Ausführung gemäß Figur 1 und 2 zeigt,

unmittelbar auch in Medien mit höherem elektrischem Leitwert eingesetzt werden, wie in Brauch- und Abwasser.

Die Elektrolysezelle ist dabei derart konzipiert, daß eine Stromversorgung möglich ist, ohne daß sich über äußere freiliegende Polflächen der Elektrolysezelle eine äußere Elektrolyse in dem insofern eine Elektrolyt darstellenden Brauch- und Abwasser einstellen kann.

Bei der in Figur 1 und 2 dargestellten Elektrolysezelle, welche aus zwei miteinander verschraubbaren Zellgehäuseschalen (1,14) gebildet wird, welche die Kathodenseite bzw. Anodenseite der Zelle umgeben, ist dabei das Zellgehäuse aus einem elektrisch leitfähigen und korrosionsbeständigen Werkstoff nämlich Edelstahl gefertigt, wobei die Kathode (5) elektrisch mit der am Kathodenraum (5') angrenzenden Zellgehäuseinnenwandung (32) verbunden ist, so daß das Zellgehäuse während des Betriebs der Elektrolysezelle auf kathodischem Potential liegt, welches über den rechts dargestellten Zellgehäuseanschluß (23) vorgegeben ist (Masse). Dabei befindet sich der Andruckbolzen (13), welcher auf die Andruckplatte (10) der Anode (9) wirkt, ebenfalls auf kathodischem Potential. Dagegen befindet sich der Anschluß für das anodische Potential unmittelbar im Innern der Zelle an der Elektrodenandruckplatte (10), wobei in der Zellgehäusewandung (24) der Zellgehäuseschale (14) eine elektrische Stromdurchführung (18') für eine Stromzuführung (18) zur Anode (9) vorgesehen ist.

Die Stromzuführung (18) erfolgt dabei über ein Stromkabel (34), dessen inneres Ende bis in eine Sackbohrung (33) der Elektrodenandruckplatte (10) geführt ist und dort mit seinem Leiter (36) die Elektrodenandruckplatte (10) und damit die auf deren Außenseite befindliche Anode (9) elektrisch kontaktiert, wobei ansonsten der Kabelmantel auch gegen umgebende Flüssigkeit schützt. Insofern erfolgt die Stromzuführung geschützt und gegen die Zellgehäusewandung (24) und den Außenbereich der Elektrolysezelle zur Elektrodenplatte (10) isoliert bis in die auf der Rückseite (29) der Elektrodenandruckplatte (10) angelegte Sackbohrung (33).

Der Anschluß für die anodische Stromversorgung ist somit isoliert in das Innere der Elektrolysezelle geführt, so daß außerhalb der Elektrolysezelle lediglich kathodisches Potential der Stromversorgung anliegt. Durch dieses kathodische Potential des aus Edelstahl gebildeten Zellgehäuses wird dabei insbesondere in aggressiven Medien wie Salzwasser ein kathodischer Korrosionsschutz erzielt.

Im Innern der Elektrolysezelle kann es dabei in dem Anodenraum (9'), in welchem über die Elektrodenandruckplatte (10) und die Anode (9) anodisches Potential und über die Zellgehäusewandung (24) und dem Andruckbolzen (13) kathodisches Potential ansteht, nicht zu einem Kurzschluß oder einer Elektrolyse kommen, da die Elektrolysezelle permanent mit entmineralisiertem Wasser versorgt wird, welches über einen

Wasserzufluß (15) zum Anodenraum (9') eintritt und über einen Wasserablauf (16) als überschüssiges Wasser mit gelöstem Ozon und Sauerstoff austritt. Dabei liegt an dem Wasserzufluß (15) ein kompaktes System zur Versorgung der Zelle mit maximal 1 l/h entmineralisiertem Wasser an. Die insofern notwendige Zellwasser-Versorgung kann dabei an jede Trinkwasserleitung problemlos angeschlossen werden. Das Zellwasser wird dabei durch eine Osmoseeinheit oder auch durch Ionenaustauscher erzeugt, durch welche eine Entzählung des Leitungs- bzw. Trinkwassers erfolgt, so daß Zellwasser mit einem Leitwert geringer als 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entsteht.

Aufgrund der gewählten Feststoffelektrolytmembran und der Struktur der Anode wird dabei ein Gemisch von Sauerstoff und Ozon im Anodenraum gebildet, wobei der Überschuß an zugeführtem Zellwasser, welches nicht als Permeatwasser in den Kathodenraum (5') wandert, unmittelbar über den Wasserablauf (16) mit in ihm gelösten oder angereicherten Ozon und Sauerstoff nach außerhalb der Elektrolysezelle und somit beispielsweise in das Brauch- und Abwasser geführt wird, in welchem die Elektrolysezelle eingetaucht ist.

Das im Kathodenraum (5') entstehende Permeatwasser und Wasserstoffgas wird dabei in einem Bereich außerhalb der Elektrolysezelle geführt, welcher nicht in Verbindung mit dem erzeugten Ozon besteht, so daß kein Knallgas entstehen kann.

Aus diesem Grund sind zum Anschluß von Rohrleitungen am Wasserzufluß und -abfluß (15,16) des Anodenraumes (9') Rohrverschraubungen (20) jeweils vorgesehen, so daß der Wasserabfluß (16) über eine Leitung zu einer Kreiselpumpe führbar ist, welche in einem kein Wasserstoff aufweisenden Bereich des zu ozonisierenden Brauch-/Abwassers angeordnet ist.

An dem Ausgang (2) des Kathodenraumes (5') erfolgt dabei vorzugsweise ebenfalls der Anschluß einer Leitung über eine entsprechende Rohrverschraubung (20).

Der Unterschied zu bisherigen Elektrolysezellen gemäß der DE 42 27 732 C2 besteht insofern außer darin, daß der anodische Stromversorgungsanschluß innerhalb der Zelle verlegt ist, ferner darin, daß die Elektrodeneinheit (Anode, Feststoffelektrolytmembran, Kathode) sich nicht im zu ozonisierenden Medium (Brauch-/Abwasser) befindet und dabei separat mit vollentmineralisiertem Wasser mit geringem elektrischen Leitwert als Zellwasser zur Produktion des Ozons und Sauerstoffs ständig während der an der Elektrodeneinheit erfolgenden Elektrolyse versorgt wird.

Das entstandene Ozon wird sofortanschließend an das zu behandelnde Medium, also z.B. Brauch- und Abwasser, abgegeben. Um eine Elektrolyse mit hohen Wirkungsgrad durchzuführen, weist dabei die Anodenandruckplatte (10) eine profilierte äußere Stirnseite auf, an welcher die Anode (9) befestigt ist. Des weiteren wird

vorzugsweise elastisches Elektrodenmaterial eingesetzt, wobei statt einer aus gesinterter Bronze bestehenden Kathode (5) ein weiches elektrisch leitfähiges Kohlenstoff-Fasermaterial in Form eines carbonisierten und graphitierten Filzes auf PAN-Faser-Basis als Kathodenmaterial dient. Seitlich dazu sind dabei unter Kontaktierung der Innenwandung (32) der angrenzenden Zellgehäuseschale der Kathodenseite (1) Streckmetallbleche (4) aus Titan 3.7035 mit einer Dicke von 1,5 mm und einer Vielzahl von rautenförmigen Durchtrittsöffnungen angebracht, welche rasterförmig, eng aneinander angelegt sind mit einem Rautenmaß von 6 x 3 mm (Länge, Breite). Es wird insofern eine Zweikomponentenkathode mit freien Kathodenraumabschnitten gebildet.

Wie sich insbesondere aus der gesprengten Darstellung der Elektrodeneneinheit aus Anode, Elektrolytmembran und Kathode gemäß Figur 2 entnehmen läßt, sind dabei seitlich der Kathode (5) drei einzelne Streckmetallbleche angeordnet. Die Verwendung des Kohlenstoff-Fasermaterials bringt dabei den Vorteile daß dieses mit Permeatwasser sich voll aufsaugt und somit die Feststoffelektrolytmembran befeuchtet.

Es ist dabei eine spezielle Feststoffelektrolytmembran in Form einer auf der Basis perfluorierter Sulfosäuren aufgebauten Kationenaustauschermembran vorgesehen. Die Anode (9) besteht dabei aus gesintertem, also porösem Titan, welches mit Platin überzogen ist, wobei auf diesen Träger außen ein Elektrokatalysator aus PbO_2 galvanisch aufgebracht ist.

Aufgrund der neuen Elektrodeneneinheit wird dabei gegenüber Elektrolysezellen mit herkömmlichen Elektrodeneneinheiten eine erheblich höhere Ausbeute an sich entwickelndem Ozon erreicht, wobei mit einer einzigen derartigen Elektrodeneneinheit in der Elektrolysezelle 4 g Ozon/h herstellbar ist, während bei einer Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 vier Elektrodenpaare zur Herstellung von 5g Ozon/h benötigt wurden.

Durch das als Kathode verwendete Kohlenstoff-Fasermaterial wird dabei eine gute Kontaktierung der seitlich der Kathode angeordneten drei Streckmetallbleche (4) erreicht. Es ist dabei ein ausreichender Abstand zwischen Kathode und der angrenzenden Innenwandung (32) der kathodenseitigen Zellgehäuseschale (1) gegeben, so daß sich ein optimaler Gas- und Wasser-austausch einstellt.

Das filzartige Kohlenstoff-Fasermaterial der Kathode besitzt dabei eine Dicke von 2,5 - 3 mm und weist dabei eine aktive Oberfläche aus Kohle auf, wobei der Filz sich 100%-ig an die Form der Feststoffelektrolytmembran anpaßt. Es ist insofern ein guter elektrischer Kontakt mit geringem Übergangswiderstand gegeben.

Grundsätzlich können dabei die Streckmetallbleche (4) statt aus Titan auch aus Edelstahl, Kupfer oder einem anderm Material mit guter elektrischer Leitfähigkeit gebildet werden, sofern diese Materialien bei Anlage einer größeren Anzahl von Durchströmungsöff-

nungen eine ausreichende Formstabilität zulassen.

Um einen einfachen Betrieb der Elektrolytzelle als Tauchzelle in Brauch- und Abwasser, also Wasser mit einem Leitwert von mehr als 20 $\mu S/cm$ zu ermöglichen, weisen die Zellgehäuseschalen (1,14) als breite Dichtflächen ausgebildete Stirnflächen auf, in welchem zwei O-Dichtringe (7,7') konzentrisch zueinander jeweils verlaufen.

In Figur 2 ist dabei sowohl der äußere O-Dichtring (7) als auch der innere O-Dichtring (7') dargestellt, während in Figur 1 lediglich der äußere O-Dichtring (7) wiedergegeben ist.

Zwischen den insofern vier gegenüberliegenden O-Dichtringen (7,7') der beiden Zellgehäuseschalen ist dabei die Feststoffelektrolytmembran (8) mit ihren Endabschnitten festgelegt. Es wirkt dabei der Dichtdruck der beiden Dichtflächen der Zellgehäuseschalen (1,14) auf die Feststoffelektrolytmembran, wobei dies unabhängig vom Anpreßdruck der Anode und Kathode auf die Feststoffelektrolytmembran erfolgt. Der Dichtdruck wird dabei durch einen Kranz von Schrauben (3) erzeugt, welche in Gewindebohrungen der beiden Dichtflansche einschraubbar sind.

Die in der Elektrolysezelle verwendete Elektrodeneneinheit besteht dabei aus der Anode (9), der Feststoffelektrolytmembran (8) und der Kathode (5). Während die Kathode (5) aus einem elastischen Elektrodenmaterial in Form eines Kohlenstoff-Fasermaterials hergestellt ist und dabei fest auf den Streckmetallblechen (4) gegenüber der in einer Parallelebene zur Feststoffelektrolytmembran (8) ausgerichteten Innenwandung der kathodenseitigen Zellgehäuseschale (1) gelagert ist, befindet sich dabei die aus einem porösen gesinteren Titanträgermaterial aufgebaute Anode (9) auf einer profilierten Stirnfläche der verstellbaren Elektrodenandruckplatte (10). Diese ist dabei wie in den Ausführungsformen der DE 42 27 732 C2 über ein mittleres Zentrier- und Andrucklager (30), welches auf der Rückseite der Elektrodenandruckplatte, also in Richtung der äußeren Zellgehäuseschale (14) angelegt ist, der anodenseitigen Zellgehäuseschale (14) angelegt ist, derart beweglich gelagert, daß durch einen in Längsrichtung auf dieses Lager (30) verstellbaren Endabschnitt eines Andruckbolzens (13) eine Zentrierung und/oder Verschwenkung zusammen mit der auf der vorderen Stirnfläche der Elektrodenandruckplatte gelagerten Anode möglich ist. Es wird insofern auch sichergestellt, daß der notwendige Anpreßdruck der Elektrodenandruckplatte (10) und damit der dort auf der äußeren Stirnfläche aufgenommenen Anode (9) gegen die Feststoffelektrolytmembran (8) erzeugt wird, ohne dabei diese zu verschieben oder zu verkanten.

Der Andruckbolzen (13), welcher mit seinem äußeren Endabschnitt (28) auf das Zentrier- und Andrucklager (30) wirkt, ist dabei auf der Anodenseite durch die Zellgehäuseschale (14) hindurchgeführt. Die Zellgehäuseschale (14) weist dabei eine verglichen zu der Länge des Andruckbol-

zens relativ große Dicke auf, so daß die in ihr angelegte Gewindebohrung gleichzeitig ein Führungslager (13') für eine sichere Längsführung des Andruckbolzens (13) bildet. Über O-Dichtungsringe (27) wird dabei eine Abdichtung des Gewindebolzens (13) in einem äußeren Bohrungsabschnitt des Führungslagers (13') erreicht.

Der Andruckbolzen (13) und das Führungslager (13') bilden insofern eine von außen betätigbare Stell- und Führungseinrichtung (13,13') für eine aus der Elektrodenandruckplatte (10) mit dem Andruckbolzen (13) gebildete Anpreßvorrichtung (10,13), welche die Anode (9) gegen die Feststoffelektrolytmembran (8) drückt.

In der Zellgehäusewandung (24) der Zellgehäuseschale (14) der Anodenseite ist dabei neben dem Lagerbolzen (13) die elektrische Stromdurchführung (18') für die Stromzuführung (18) zur Anode (9) seitlich angelegt. Die Stromzuführung erfolgt dabei unter Isolation gegen die Zellgehäusewandung (24) und den Außenbereich der Zelle, wobei insofern ein Kabel mit einer PVC-Ummantelung verwendet wird, welche insbesondere ozonbeständig ist und dabei zusätzlich eine Teflonbeschichtung (17) zur Abdichtung gegen Wasser aufweist. Dieses Stromkabel (34) ist dabei durch eine Durchgangsbohrung (35) in der Zellgehäusewandung (24) geführt, welche am äußeren Abschnitt einen Gewindeabschnitt aufweist, in welchem eine Abdichtschraube (12) mit einer Durchgangsbohrung für das Stromkabel (34) angelegt ist.

Bei Einschrauben der Abdichtschraube (12) in die Durchgangsbohrung (35) wird diese dabei an den Mantel des Stromkabels angedrückt und somit dieses Kabel zur Zelle nach außen und innen abgedichtet.

Das Stromkabel (34) weist dabei einen Kupferleiter mit 16 mm² Querschnittsfläche auf, so daß große Ströme von z.B. bis zu 60 Ampere durch die Elektrolysezelle und die Elektrodeneinheit zum kathodischen Zellgehäuseanschluß (23) der Elektrolysezelle führbar sind.

Der äußere Endabschnitt des Stromkabels (34) ist dabei in eine Sackbohrung (33) auf der Rückseite (29) der Elektrodenandruckplatte (10) geführt, wobei eine Festlegung und Abdichtung über eine Gewindebuchse (11) erfolgt, welche eine Durchgangsbohrung für das Stromkabel aufweist und ein äußeres Gewinde, mit welchem diese in ein Innengewinde der Sackbohrung (33) verschraubbar ist.

Die Gewindebuchse (11) weist dabei an ihrem vorderen, in die Sackbohrung (33) gerichteten Abschnitt eine Querschnittsverengung auf, welche in eine entsprechende Querschnittsverengung der Sackbohrung ragt und dort einen Dichtungsring (42) gegen ein nach außen abgebogenen Endabschnitt (43) der Kabelisolierung drückt, wobei dieser Endabschnitt wiederum gegen eine Stirnfläche eines messingringartigen Kontaktstückes (37) zur Anlage kommt. Das Kontaktstück (37) weist dabei eine äußere Kontaktfläche (38) auf, welche in einen Flächenkontakt mit der planen Stirnseite (39) am Ende der Sackbohrung (33) bringbar ist.

Das Stromkabel (34) ist dabei im Zelleninnern derart in der Länge bemessen, daß es eine Verstellung der Elektrodenandruckplatte durch den Andruckbolzen (13) erlaubt, ohne die Kontaktierung seines Leiters (36) zu gefährden.

Da der Andruckbolzen (13) sich wie die übrigen Zellgehäuseteile auf kathodischem Masse-Potential befindet, während die Elektrodenandruckplatte (10) sich auf anodischem Potential befindet, ist dabei das Zentrier- und Andrucklager (30) gegenüber dem Andruckbolzen (13) elektrisch isoliert ausgeführt. Es ist insofern ein Isolationskörper (6) vorgesehen, welcher in eine Ausnehmung auf der Rückseite der Elektrodenandruckplatte (10) eingebracht ist und dabei gegenüber der Wandung dieser Ausnehmung durch eine umlaufende Teflonbeschichtung zusätzlich elektrisch isoliert ist.

Eine zusätzlich besondere Isolation zwischen dem kathodischen Potential des Andruckbolzens (13) und dem anodischen Potential der Elektrodenandruckplatte (10) ist dabei nicht vorgesehen. Da das Innere des Anodenraumes (9') aber mit vollentsalztem Wasser aufgefüllt und nachfüllbar ist, welches einen elektrischen Leitwert von kleiner als 20 µS/cm aufweist, ist dabei eine zusätzliche Isolation der gegenüberliegenden unterschiedlichen Potentiale durch diese Flüssigkeit gegeben. Da diese Flüssigkeit einen äußerst geringen Leitwert aufweist, kann sich insofern in dieser auch keine Elektrolyse einstellen. Es ist insofern lediglich eine Elektrolyse an der Elektrodeneinheit gegeben, wobei insbesondere auch keine Elektrolyse außerhalb der Elektrolysezelle stattfindet, wie dies an sich bei einer Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 möglich ist, da dort außen ein Übergang zwischen kathodischem und anodischen Potential gegeben ist.

Insofern wird die Bildung von Calcium, Natrium und anderen Salzen oder anderen Ablagerungen an der Außenseite der Elektrolysezelle vermieden, so daß deren Funktionsfähigkeit erhalten bleibt und elektrische Verluste vermieden werden.

Über eine unterhalb des Andruckbolzens (13) in den Anodenraum (9) ragende bolzenförmige Arretierung (19) ist dabei eine Drehung der Elektrodenandruckplatte (10) vermeidbar, wobei die bolzenförmige Arretierung (19) in eine Ausnehmung an der Rückseite (29) im Bereich des unteren Randes der Elektrodenandruckplatte eingreift und insofern die Elektrodenandruckplatte zusätzlich haltet.

Die kathodenseitige Zellgehäuseschale (1) weist dabei eine relativ geringe Breite auf, wobei sie lediglich einen Kathodenraum (5') aufweist, welcher aus einer Ausnehmung (46) und einer im Innenquerschnitt dazu verengten Fortsetzung (47) gebildet wird. In der Ausnehmung (46) werden dabei die Kathode (5) aus dem filzartigen Kohlenstoff-Fasermaterial sowie die angrenzenden 3 Streckmetallbleche (4) aufgenommen, wobei die am Übergang der Ausnehmung (46) zur Fortsetzung (47) gebildete äußere umlaufende Abstufung die

die Kathode (5) bzw. drei Streckmetallbleche (4) lagernde und kontaktierende Gegenlagerung (25) zur Elektrodenandruckplatte (10) bildet.

Das filzartige Kohlenstoff-Fasermaterial der Kathode (5) ist dabei in Form von Filzen und Flocken (Wolle) durch Carbonisieren natürlicher und synthetischer Faser hergestellt. Es besitzt dabei eine hervorragende Flexibilität und läßt sich leicht an kleine Krümmungsradien anpassen. Das Material stellt dabei einen elektrisch leitfähigen carbonisierten und graphitierten Filz auf PAN-Faser-Basis dar und ist über die Firma SGL CARBON unter der Sortenbezeichnung SIGRATHERM KFD 2 erwerbbar (Vertrieb: Firma SIGRI GmbH, D-86405 Meitingen).

Das Flächengewicht beträgt dabei 320 g/m², die Rohdichte 0,1 g/cm³, die Dicke 2,5 - 3,0 mm, die Zugfestigkeit in Längsrichtung 76 N/mm und in Querrichtung 45 N/mm, die maximale Dehnung in Längsrichtung 4 % und in Querrichtung 7 %, der spezifisch elektrische Widerstand in Längs- und Querrichtung 1,5 Ohm mm, die spezifische Oberfläche BET ist kleiner als 1 m²/g und der Aschegehalt kleiner/gleich 1 %.

Das filzartige Kohlenstoff-Fasermaterial saugt dabei das im Kathodenraum befindliche Permeatwasser an und befeuchtet die Feststoffelektrolytmembran, auf welche es aufliegt.

Bezugsziffernliste

1	Zellgehäuseschale der Kathodenseite	30
2	Ausgang des Kathodenraumes	
3	Schrauben zur Festlegung und Abdichtung der Zellgehäuseschalen	
4	Streckmetallbleche	
5	Kathode	35
5'	Kathodenraum	
6	Isolationskörper in der Elektrodenandruckplatte	
7,7'	O-Ringe auf den Stirnflächen der Zellgehäuseschalen	40
8	Feststoffelektrolytmembran	
9	Anode	
9'	Anodenraum	
10	Elektrodenandruckplatte	
11	verschraubbare Gewindebuchse	45
12	Abdichtschraube	
13	Andruckbolzen	
13'	Führungslager	
13,13'	Stell- und Führungseinrichtung	
10,13	Anpreßvorrichtung	50
14	Zellgehäuseschale der Anodenseite	
1,14	Zellgehäuse	
15	Wasserzufluß	
16	Wasserablauf	
17	Teflonisolierung	55
18	Stromzuführung	
18'	Stromdurchführung	
19	Arretierung der Elektrodenandruckplatte	

20	Rohrverschraubung am Wasserzufluß und -ablauf
21	Sicherungsscheibe
22	kathodischen Stromversorgungspol darstellende Schraube des Zellgehäuseanschlusses
23	Zellgehäuseanschluß für das kathodische Stromversorgungskabel
24,24'	Zellgehäusewandung
25	Gegenlagerung
26	-
27	O-Dichtungsring
28	Endabschnitt des Andruckbolzens
29	Rückseite
30	Zentrier- und Andrucklager
31	Stirnfläche der Elektrodenandruckplatte
32	Innenwandung des Zellgehäuses
4,32	flächiger Lagerabschnitt
33	Sackbohrung
34	Stromkabel
35	Durchgangsbohrung
36	elektrischer Leiter
37	Kontaktstück
38	Kontaktfläche
25 39	Stirnfläche an Ende der Sackbohrung
40	-
41	Längsdurchführung
42	Abdichtung mit O-Ring in Sackbohrung
43	vorstehender Endabschnitt der Kabelummantelung
44	Ausnehmung
46	Ausnehmung
47	Ausnehmung in Fortsetzung der Ausnehmung (46)

Patentansprüche

1. Elektrolysezelle, insbesondere zur Erzeugung von Ozon, mit einer den Anoden- und Kathodenraum (9',5') voneinander trennenden Feststoffelektrolytmembran (8), deren anodische und/oder kathodische Seite zumindest eine aus einem planar ausrichtbaren, zumindest teilweise wasserdurchlässigen oder befeuchtbaren Aufbau aus elektrisch leitfähigen Material bestehende Elektrode (5) und/oder eine planare, zumindest teilweise poröse Elektrode (9), insbesondere aus einem gesinterten oder nichtporösen Träger aus einem metallischen Leiter und einer oder mehreren elektrisch leitfähigen Beschichtungen, aufweist, wobei die Anoden- und Kathoden-Elektroden (5,9) mit der Feststoffelektrolytmembran (8) flächig in Kontakt stehen, die äußere Anodenfläche zur Herstellung von Ozon bei großer Überspannung aktiviert ist, das Zellgehäuse in einer Zellgehäusewandung (24) eine elektrisch isolierte Stromdurchführung (18') für eine Stromzuführung (18) zu einer der Elektroden (9) aufweist und aus mindestens zwei Zellgehäuseschalen

(1,14) besteht, die gegeneinander abgedichtet sind, wobei eine Zellgehäuseschale (1) die Kathodenseite und die andere Zellgehäuseschale (14) die Anodenseite zumindest teilweise umschließt und die Feststoffelektrolytmembran (8) zwischen den aneinanderangrenzenden, als Dichtflächen ausgebildeten Stirnflächen der Zellgehäuseschalen (1,14) eingeklemmt ist und die Einstellung des Flächendrucks der beiden Elektroden (5,9) auf die Feststoffelektrolytmembran (8) unabhängig von der Einstellung des Dichtdruckes der Zellgehäuseschalen (1,14) durch eine durch die Zellgehäusewandung (24) zum Anodenraum (9') geführte Stell- und Führungseinrichtung (13,13') und eine von außen betätigbare Anpreßvorrichtung (10,13) erfolgt, wobei der Endabschnitt (28) eines durch die Zellgehäusewandung (24) geführten Andruckbolzens (13) mit einem auf der Rückseite (29) einer verstellbaren Elektrodenandruckplatte (10) mittig angelegten Zentrier- und Andruckklaxer (30) in Eingriff steht, wodurch die Zentrierung und/oder Verschwenkung der auf der äußeren Stirnfläche (31) der Elektrodenandruckplatte (10) gelagerten Anode (9) quer zur Verstellachse des Andruckbolzens (13) in einer parallelen Ebene zur Feststoffelektrolytmembran (8) erfolgt, wobei der nach außen durch die Zellgehäusewandung (24) geführte Andruckbolzen (13) mittels der Stell- und Führungseinrichtung (13,13') in einer Längsführung eines Föhrungslagers (13') verstellbar gelagert ist und die Kathode (5), die der im Anodenraum (9') an der Elektrodenandruckplatte (10) angelegten Elektrode (9) gegenüberliegt, unter Bildung eines Kathodenraumes (5') seitlich der Innenwandung (32) des Zellgehäuses, auf einer Gegenlagerung (25) ebenfalls in einer parallelen Ebene zur Feststoffelektrolytmembran (8) ausgerichtet und unter elektrischer Kontaktierung gegen diese angepreßt angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die elektrische Stromdurchführung (18') für die Stromzuführung (18) zur Anode (9) in der Zellgehäusewandung (24) getrennt vom Andruckbolzen (13) seitlich neben diesem angelegt ist und daß die Stromzuführung (18) unter Abdichtung und unter elektrischer Isolation gegen die Zellgehäusewandung (24) und den Außenbereich der Zelle sowie Bildung eines Stromanschlusses innerhalb des Zellgehäuses unter Kontaktierung der als Träger und Anschluß der Anode (9) verwendeten Elektrodenandruckplatte (10) bis zu dieser zumindest durch Gas Innere des Anodenraums (9') elektrisch isoliert weiter geführt ist und daß der mit seinen Endabschnitt (28) gegen das Zentrier- und Andrucklager (30) mittig auf der Rückseite (29) der Elektrodenandruckplatte (10) geführte Andruckbolzen (13) gegenüber dieser elektrisch isoliert ist, wobei das Innere des Anodenrau-

mes (9') der Zelle mit vollentsalztem Wasser (Leitwert kleiner als 20 $\mu\text{S/cm}$) aufgefüllt und somit Elektrodenandruckplatte (10) und/oder Anode (9) gegenüber den Zellgehäuseschalen (1,14) und dem Andruckbolzen (13) elektrisch isoliert sind.

2. Elektrolysezelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stromzuführung (18) mit einer äußeren elektrischen und gegen zu umgebende Flüssigkeit schützenden Isolierung bis in eine zur Außenseite der Elektrodenandruckplatte (10) sich öffnende Sackbohrung (33) zur dortigen Kontaktierung geführt ist.
3. Elektrolysezelle nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zellgehäuse (1,14) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff besteht und daß die Kathode (5) elektrisch mit der am Kathodenraum (5') angrenzenden Zellgehäuseinnenwandung (32) verbunden ist, so daß das Zellgehäuse während des Betriebes der Elektrolysezelle auf kathodischem Potential eines elektrischen Zellgehäuseanschlusses (23) liegt, und daß der Andruckbolzen (13) sich im Gegensatz zum anodischen Potential der Andruckplatte (10) auf Massenpotential entsprechend dem kathodischen Potential der Kathode (5) befindet.
4. Elektrolysezelle nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stromzuführung (18) zur Anode (9) über ein Stromkabel (34) erfolgt, welches über eine Durchgangsbohrung (35) und Abdichtung (12) durch die Zellgehäusewandung (24,24') in das Zellgehäuse geführt ist und mit seinem äußeren, die Elektrodenandruckplatte (10) der Anode kontaktierenden Ende gegen die Elektrodenandruckplatte (10) festgelegt ist.
5. Elektrolysezelle nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der elektrische Leiter (36) des Endes des Stromkabels (34) in ein plattenförmiges in die Sackbohrung (33) einschiebbares flächiges Kontaktstück (37) übergeht.
6. Elektrolysezelle nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kontaktstück (37) auf seiner Vorderseite eine plane Kontaktfläche (38) besitzt und die Sackbohrung (33) an ihren Ende eine plane Stirnseite (39) zur flächenmäßigen Kontaktierung der Kontaktfläche (38) des Kontaktstückes (37).
7. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 4 - 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Ende des Stromkabels (34) und/oder das an dem dortigen Ende angelegte Kontaktstück (37)

- durch eine in der Sackbohrung (33) verschraubbare Gewindebuchse (11), welche zur Durchführung des Stromkabels (34) eine Längsdurchführung (41) aufweist, gegen die Stirnseite (38) der Sackbohrung (33) festlegbar ist. 5
8. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 4 - 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abdichtung des Stromkabels in der Durchgangsbohrung (35) über eine in einem dortigen äußeren Gewindeabschnitt einschraubbare Abdichtschraube (12) erfolgt. 10
9. Elektrolysezelle nach einem Ansprüche 4 - 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum äußeren Schutz des Stromkabels (34) dieses eine PVC-Ummantelung aufweist, auf die eine äußere Teflonisolierung (17) aufgebracht ist, oder daß das Stromkabel (34) gänzlich eine elektrische Teflonisolierung als äußere Ummantelung aufweist. 15 20
10. Elektrolysezelle nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teflonisolierung (17) bis in die Sackbohrung (33) der Elektrodenandruckplatte (10) durch die Elektrolysezelle geführt ist. 25
11. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 4 - 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Sackbohrung (33) der Elektrodenandruckplatte (10) auf der Kabelummantelung oder deren zusätzlicher äußerer Teflonisolierung zumindest eine das Ende des Stromkabels (34) und die dortige Stromkontaktierung der Elektrodenandruckplatte (10) schützende Abdichtung (42) angelegt ist. 30 35
12. Elektrolysezelle nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abdichtung (42) am Ende des Stromkabels (34) als Dichtring ausgebildet ist, welcher in der Sackbohrung (33) gegen einen nach außen radial vorstehenden Endabschnitt (43) der Kabelummantelung bzw. der äußeren Teflonisolierung anpreßbar ist, welcher mit der anderen Seite gegen die Rückseite des äußeren radial vorstehenden Kontaktstückes (37) des Leiters (36) des Stromkabels gelagert ist. 40 45
13. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 5 - 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Kontaktstück (37) am Leiterende des Stromkabels (34) ein Messingring oder eine kreisförmige Platte mit einer Durchgangsbohrung zur Durchführung des Leiterendes mit einer sich weitenden äußeren Ausnehmung (44) zum Festlöten des Leiterendes angelegt ist. 50 55
14. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wasserzufluß (15) für vollentsalztes Wasser zum Anodenraum und der Ablauf (16) von Wasser, Sauerstoff und Ozon aus diesem mindestens ein Anschlußstück (20) für eine Zuführungsleitung oder Abführungsleitung aufweist.
15. Elektrolysezelle nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Anschlußstück eine Rohrverschraubung (20) zur Festlegung und Abdichtung einer Zuführungs- oder Abführungsleitung angelegt ist.
16. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zentrier- und Andrucklager (30) für den Andruckbolzen (19) in Form eines Isolationskörpers (6) ausgebildet ist oder als metallisches Lager gegenüber der Elektrodenandruckplatte in einer Isolationsschicht eingebettet ist.
17. Elektrolysezelle nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die die Rückseiten der Elektroden (5,9) andrückenden Zellenteile (4,10,25,32) mit einem zur Wasserverteilung und zum Abfangen von sich bildendem Gas dienenden Kanalnetz ganz oder teilweise ausgestattet sind.
18. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß seitlich zur Lagerung der Kathode (5) auf der Gegenlagerung (25) in einer parallelen Ebene zur Feststoffelektrolytmembran (8) ein oder mehrere flächige Streckmetallnetze oder -bleche (4) vorgesehen sind, welche den zwischen Kathode (5) und der angrenzenden Zellgehäuseinnenwandung (32) gebildeten Kathodenraum (5') ganz oder teilweise ausfüllen.
19. Elektrolysezelle nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Streckmetallbleche (4) aus einem Titanblech mit rechteckigen oder rautenförmigen Öffnungen und gitterförmig vorspringender Rasterung bestehen.
20. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kathode (5) aus gesinterter Bronze besteht.
21. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß unter Bildung eines elastischen Elektrodenmaterials die Kathode (5) aus einem elektrisch leitfähigen Kohlenstoff-Fasermaterial besteht.

22. Elektrolysezelle nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Kohlenstoff-Fasermaterial aus einem in Form
von Filzen und Flocken (Wolle) durch Carbonisie-
ren natürlicher und synthetischer Faser hergestell-
ten Material besteht. 5
23. Elektrolysezelle nach Anspruch 21 oder 22,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Kohlenstoff-Fasermaterial einen geringen
ohmschen Widerstand aufweist, dagegen einen
hohen induktiven Widerstand, so daß eine Ankopp-
lung in einem induktiven Feld erst über 12 kHz
erfolgt. 10
24. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 21 - 23,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Kohlenstoff-Fasermaterial als carbonisierter
und graphitierter Filz auf PAN-Faser-Basis herge-
stellt ist. 15
25. Elektrolysezelle nach Anspruch 24,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Kohlenstoff-Fasermaterial ein Flächengewicht
von 320 g/m², eine Rohdichte von 0,1 g/m³, eine
Dicke von 2,5 - 3,0 mm und einen spezifisch elektri-
schen Widerstand in Längs- und Querrichtung von
1,5 Ohm aufweist. 20
26. Elektrolysezelle nach Anspruch 24 oder 25,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Wärmeleitfähigkeit 0,06 W/mK bei 30° C
beträgt. 25
27. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 26,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Anode (9) aus einer gesinterten Titanschicht mit
einer äußeren PbO₂ Beschichtung besteht. 30
28. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 27,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Anode (9) als poröse Elektrode ausgebildet,
wobei die Elektrodenoberfläche mit einer Oxidati-
onskatalysatorbeschichtung versehen ist. 35
29. Elektrolysezelle nach Anspruch 28,
dadurch gekennzeichnet, daß
eine poröse aufgalvanisierte Oxidationskatalysa-
torbeschichtung angelegt ist. 40
30. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 28,
dadurch gekennzeichnet, daß
poröse Elektroden gegenüber einer perfluorierten
Kationenaustauschermembran (8) angelegt sind,
welche mit einem Elektrokatalysator galvanisch
beschichtet oder in Form eines pulverförmig aufge-
brachten Films versehen ist. 45
31. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 30,
dadurch gekennzeichnet, daß
diese als Feststoffelektrolytmembran (8) eine auf
der Basis perfluorierter Sulfosäuren aufgebaute
Kationenaustauschermembran aufweist. 50
32. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 31,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Anodenraum (9') ohne freien Wasserdurchfluß
lediglich mit einem Wasserzufluß (15) und einem
Wasserablauf (16) für vollentsalztes Wasser verse-
hen ist, während in dem von dem Anodenraum (9')
durch die Feststoffelektrolytmembran (8) getrenn-
ten Kathodenraum (5') lediglich ein Ausgang (2) für
Wasser und Wasserstoff angelegt ist. 55
33. Elektrolysezelle nach Anspruch 32,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Ausgang (2) zur Abführung von Wasserstoff
und Wasser ein Anschlußstück für eine Abfüh-
rungsleitung aufweist und daß Einrichtungen zum
Abgeben des entstandenen Ozons mit dem über-
schüssigen vollentsalzten Wasser an das zu
behandelnde oder anzureichernde, eine höhere
Leitfähigkeit besitzende Medium vorgesehen sind.
34. Elektrolysezelle nach Anspruch 33,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Zellgehäuseschale (1) der Kathodenseite mit
zumindest einer sich bis zum Ausgang (2) des
Kathodenraumes (5') erstreckenden Ausnehmung
(46,47) versehen ist, in welche die Gegenlagerung
(25) für die Kathode (5) angelegt und/oder das oder
die Streckmetallbleche (4), sich zumindest bis zur
Höhe des Ausganges (2) des Kathodenraumes
erstreckend, eingebracht sind.
35. Elektrolysezelle nach Anspruch 33,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Ausnehmung (46) für die Kathode (5) und/oder
die Streckmetallbleche (4) zur Zellgehäuseinnen-
wandung (32) der Kathodenseite in eine Fortset-
zung (47) übergeht, deren Durchmesser geringer
als die Querschnittsabmessung der Kathode (5)
oder des oder der Streckmetallbleche (4) ist, so
daß sich seitlich der Kathode (5) und/oder des oder
der Streckmetallbleche (4) ein freier Kathoden-
raumabschnitt ergibt.
36. Verwendung der Elektrolysezelle nach Anspruch 1
- 35 als Tauchzelle zur Aufarbeitung von Brauch-
und Abwasser und anderen industriellen oxidierba-
ren Flüssigkeiten mit einem Leitwert größer als 20
µS/cm durch unmittelbare Ozoneinleitung in die-
ses.

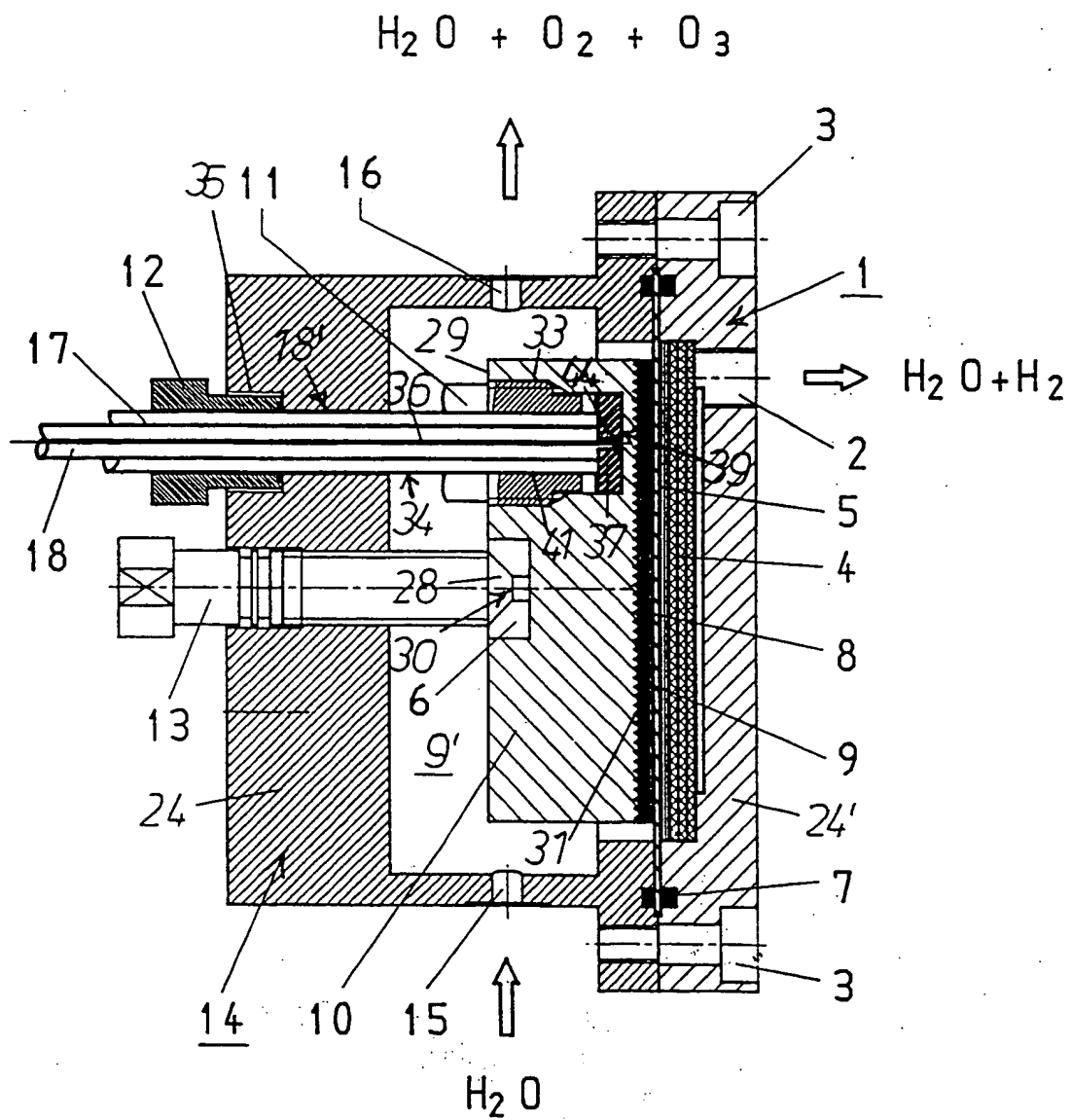


FIG. 1

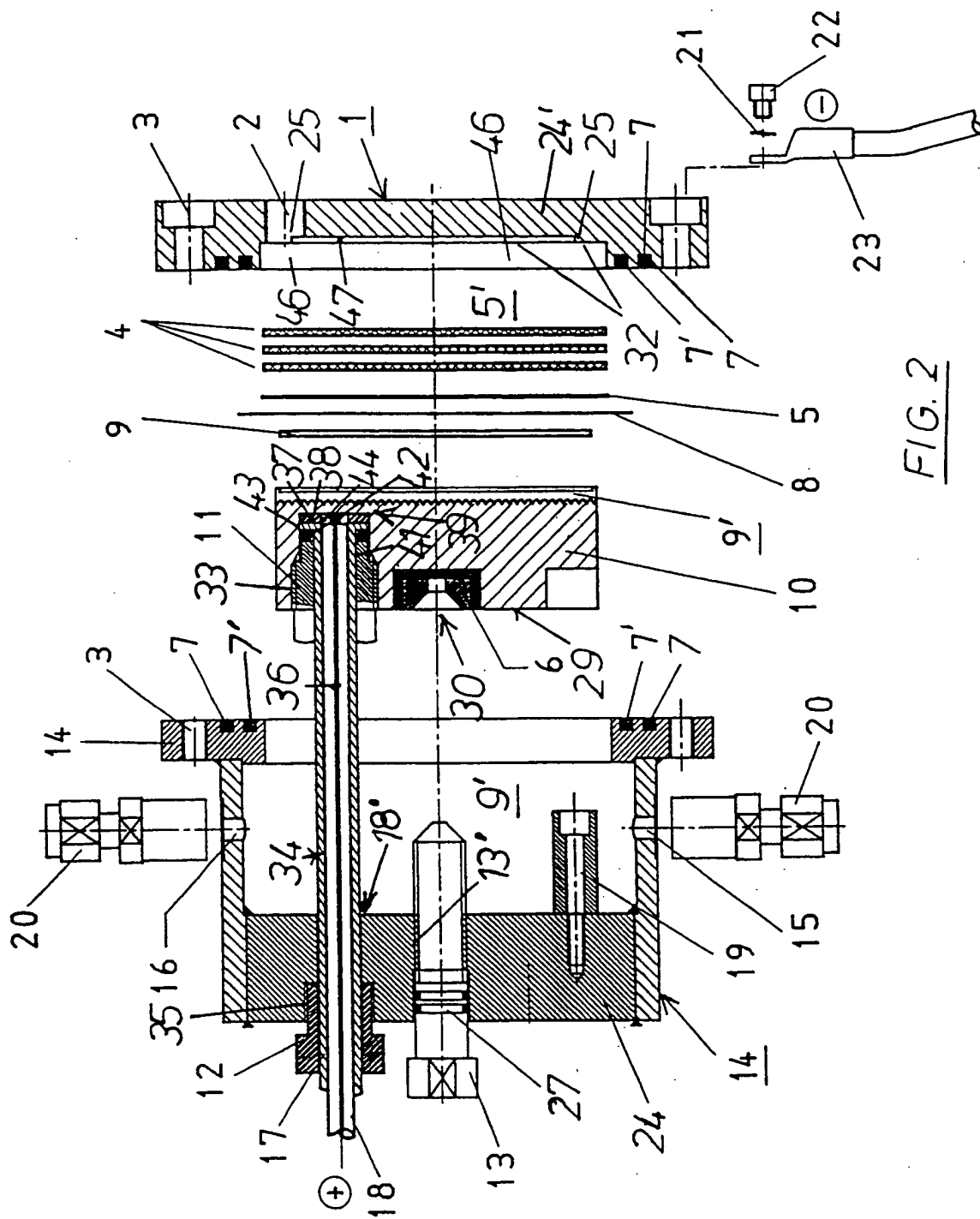


FIG. 2